

A GÉIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



2005. november 10–11 Miskolc

**GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK
XXI. ORSZÁGOS SZEMINÁRIUMA**

2005/9–10

1. kötet

98 oldal
LVI. évfolyam

TARTALOM

1. kötet

1. Bartak, J.:	
A mérnöki tervezési előírások tudásalapú támogatása	4
2. Belšak, A.; Flašker, J.:	
Módszer a fogaskerekek hibáinak felderítéséhez	7
3. Czifra, Á.; Váradi, K.; Palásti Kovács, B.:	
A felületi mikrotopográfia vizsgálata szeletelő módszerrel kerámia-acél csúszópár esetén	13
4. Dogossy, G.; Czigány, T.:	
Szerszámtervezés lebomló polimerhez	17
5. Dömötör, Cs.:	
Forma és mérnöki tudás az élővilágban	23
6. Dömötör, Cs.:	
Természeti motivációk a mérnöki tervezésben	25
7. Dúl, R.; Jármai K.:	
Alumínium körcső horpadásának számítógépes analízise	27
8. Devecz, J.; Eleőd, A.; Török, I.; Márialigeti, J.; Glodez, S.; Ulbin, M.:	
Fogfelületek igénybevételének néhány modellezési kérdése	31
9. Eleőd, A.; Paulmier, D.:	
Polikristályos gyémánt és amorf karbon bevonatok kiválasztásának és ellenőrzésének szempontjai	35
10. Fábán, Cs.; Jóri, J. I.:	
Mezőgazdasági melléktermékek etanol célú hasznosításának problémái	39
11. Farkas, Zs.; Kerényi, Gy.:	
Teljesítmény-elágazásos fokozatmentes hajtómű modellezése	43
12. Forgács, E.; Csanádi, J.; Kürtfalvi, Á.; Neválovics, N.; Hodúr, C.:	
EU kompatibilis biztonsági szelep kisüzemi pasztörök számára	47
13. Gergely, M.; Tóbis, Zs.:	
Lehetőségek a rezgés-spektrumok kiértékeléséhez	52
14. Glodež, A.; Eleőd, A.; Márialigeti, J.:	
Számítógépes modell a fogaskerekek teherviselő képességének meghatározásához	54
15. Goda, T. J.; Horváth, S.:	
Szemcsés anyagok sajátos tulajdonságainak modellezési lehetőségei	60
16. Gombor, B.:	
A ragasztott oldalüveg járművázra gyakorolt merevítő hatása	63
17. Gyurec György	
Felületi mikrogeometri optimális rekonstrukciója genetikai algoritmus alkalmazásával	67
18. Dr. Halmi A., Lukács A.:	
Mobiltelefonokba hívásjelzésre alkalmazott elektromágneses aktuátorok ismertetése	71
19. Horák, P.:	
ZTA-típusú csigahajtópárok kenési viszonyainak vizsgálata az ETHD kenésmélet alapján	75
20. Horváth, S.; Mochács, M.:	
Gravírozó manipulátor lézeres lemeztechnológiára alapozott fejlesztése	79
21. Horváth, S.:	
A felületi hullámosság jelentősége, a hullámosság 3D-s értelmezése	82
22. Jármai, K.:	
Mérnöki nagyjaink érmeiken és bélyegeken III.	86
23. Kakuk, J.; Szepesi, G.:	
Karimatómítések viskoelasztikus tulajdonságainak vizsgálata	91

24. Szabó, I.; Kátai, L.: Négycsuklós mechanizmus számítógépes analízise	102
25. Kramberger, J.; Knez, M.; Péter, J.: A hullámhajtóművek rugalmas kerekének fáradása	106
26. Krisch, R.: Síkkerekes hullámhajtómű fogazatkapcsolódásának vizsgálata	110
27. Lávička, D.: A gyártóberendezések hőforrás analízise	113
28. Lovas, L.; Play, D.; Márialigeti, J.: Szíjteszt csillapításának vizsgálata	115
29. Lukács, J.; Erdélyi, J.: A fázisdugattyúk berágódásának kérdése váltakozó áramú hidro-generátoroknál	119
30. Máté L.: Nagy áttételű bolygóműves gyorsító fogaskerék-hajtás vizsgálata	122
31. Moharos, I.; Moharos, S.: Könnyített tartószerkezetek optimális kialakításának lehetősége	126
32. Nagy, K.: Terméktervezési módszerek fejlesztése antropometriai mérések segítségével	129
33. Péter, J.; Németh, G.: Hullámhajtóművek geometriai viszonyai	133
34. Péter Szabó, I.; Szegi, D.: Gép tervezése kéziszerszámok automatikus olajozására	137
35. Rick, T.; Groma, I.; Bercsey, T.: Erőforráshelyes konstrukciós folyamattervezés és optimalítás	141
36. Siménfalvi, Z.: Rugóterhelési biztonsági szelepek szeleptányér mozgásának súrlódási viszonyai	145
37. Šraml, M.; Kramberger, J.; Potrč, I.; Tollazzi, T.: A konvektoros szállítást tervezése és szimulációja CAD segítségével	149
38. Szabados, V.; Kamondi, L.: Találékony probléma-megoldás a módszeres géptervezésben	153
39. Szeghő, K.: A tervezési folyamat támogatásának újabb lehetőségei	157
40. Sente, J.; Bihari, Z.: Szabadonfutó tengelykapcsolók vizsgálata	161
41. Szikszay-Molnár, G.: Reverse engineering esettanulmány – a fizikai tárgytól a CAD adatig	167
42. Szilágyi, A.; Patkó, Gy.; Tajna, J.; Csáki, T.; Takács, Gy.; Demeter, P.: Nagyfrekvenciás köszörűgép dinamikai vizsgálata	171
43. Szilágyi, A.; Patkó, Gy.; Jakab, E.; Takács, Gy.; Kármán, A.: Egyedi megfogókészülék mechanikai analízise	175
44. Takács, Á.; Kamondi, L.: Számítógépre adaptált koncepcionális tervezési módszer	178
45. Tóbiás, Zs.: Hajtóművek vizsgálata frekvencia analízissel	182
46. Tuskó, L.; Belina, K.; Kéri, F.: Műanyagok gyorsított kopásvizsgálata erre alkalmas berendezés fejlesztésével	184
47. M. Ulbin, G.; Mishuris, J.; Devecz, Z.; Ren.: A repedéscsúcs közeli hőmérsékletmező befolyása a repedésterjedés irányára	187
48. Vidovics, B.; Bercsey, T.: Az inventív problémamegoldás támogatásának lehetőségei	192
49. Vojna, J.; Hudec, Z.: Automatikus szerszámcsere – hagyományos és alternatív koncepció	196
50. Zahola, T.; Ladányi, G.: Mozgássérültek életminőségének javítását szolgáló gépészeti tervezés	198
52. Zalavári, J.: Ökodizájn egy gyakorló formatervező szemével	202

ALUMÍNIUM KÖRCSŐ HORPADÁSÁNAK SZÁMÍTÓGÉPES ANALÍZISE

Dúl Róbert*, Dr. Jármai Károly**

ABSTRACT

A numerical analysis was carried out to examine the buckling effects of aluminum tubes. Three different alloys were applied for the tube geometry given by the cross sectional parameters and its initial length. The final aim of the analysis is to create an optimization method for designing shock absorber elements maximizing the absorbed energy with minimum weight.

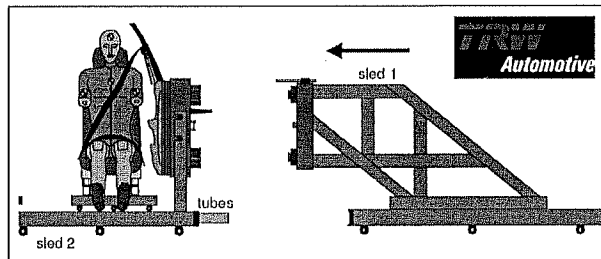
1. BEVEZETÉS

A mérnöki munka, termékfejlesztés során a legtöbb esetben minden eszközzel igyekszünk a szerkezet elemeiben elkerülni a képlékeny alakváltozás megjelenését. Mint mindig, akadnak azonban kivételek. A mi esetünkben is zárt szelvényű csövek nagymértékű maradó alakváltozását szeretnénk elérni, és a deformációt energia elnyelésre használni. Az autópárból két példát is fel tudunk hozni, közös jellemzőjük, hogy az autózás biztonságával hozhatók összefüggésbe. Az egyik még a biztonsági övek fejlesztése és tesztelése során figyelhető meg.

Az amerikai TRW cég németországi fejlesztő központjában körszelvényű acélcsövek alakváltozása szimulálja a karosszéria oldalütközés során bekövetkező deformációját. A csöveket a járművet helyettesítő, kezdetben nyugtalanban lévő merev keretre erősítik, ebben a keretben foglal helyet a tesztbábu. A teszt során oldalról ütközik a másik járművet szimuláló mozgó tömeg. E tömeg a csöveknek ütközik, a csöveket gyors alakváltozásra, a nyugtalan keretet pedig mozgásra kényszeríti. A teszt berendezés vázlatát az 1. ábra mutatja be.

A második példát megtestesítő elem a térvázás gépjárművek első és hátsó, különlegesen kialakított ütközési zónáiban található. Frontális ütközés esetén ezen alkatrészek – lehetnek egyszerű körszelvényű csövek vagy akár bonyolult keresztmetszetű profilok – összegyűrődve emésztik el az ütközési energia egy részét.

A térvázakba épített, általában préseléssel előállított alumínium profilok méreteinek és anyagának meghatározásához egy végelem módszerrel történő analízis és később az erre az analízisre támaszkodó optimalizálás szükséges.



1. ábra. Oldalütközést szimuláló tesztberendezés sematikus képe

E vizsgálat során egy alumínium körcső alakváltozását tanulmányoztuk végelem analízis segítségével. Megvizsgáljuk, hogy a hossz tengely irányú nyomásnak kitett cső alakja milyen módon változik, a csőgeometria milyen mértékben befolyásolja ezt az alakváltozást.

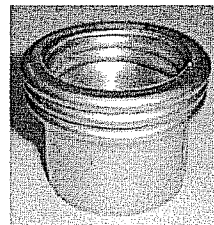
A vizsgálat eredményei elősegítik annak a kérdésnek a megválaszolását, hogy adott kezdeti hosszúság mellett milyen optimális átmérő- és falvastagság-érték eredményezi a minimális tömeg – legnagyobb elnyelt energia célfüggvény értékeit.

2. CSŐGEOMETRIA

A kezdeti geometriai paraméterek kiválasztásában a csövek axiális összerogyása témában keletkezett irodalomra támaszkodunk. Andrews és szerzőtársai [1] kísérleti eredmények alapján meghatározták alumínium csövek kvázi-statisztikus összenyomása során keletkező horpadási képeket. Cikkünkben táblázatot közölnek a különböző L/D (cső hossz / cső belső átmérő) értékek és t/D (falvastagság / cső belső átmérő) értékek függvényében a várható horpadási képekről.

A kísérletek alapján hétféle horpadási képet különböztettek meg: a) harmonika, b) gyémánt, c) Euler-féle, d) harmonika és 2 és / vagy 3 oldalú gyémánt, e) tengelyszimmetrikus és harmonika, f) 2 oldalú gyémánt, g) a cső tengelyének elferdülésével járó összenyomódás.

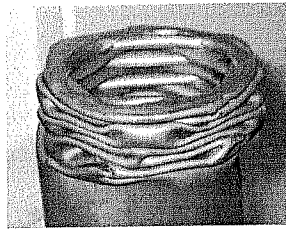
Ezek közül a két, energiaelnyelés szempontjából legjelentősebb forma az a) harmonika és b) gyémánt alak. E horpadási alakokat a 2.a és 2.b ábra mutatja be.



2.a. ábra Harmonika alak

* doktorandusz, VARINEX Informatikai Rt.,

** egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék



2.b. ábra. 3 oldalú gyémánt alak

A cikk megállapítja, hogy egységnyi hosszra vonatkoztatva a harmonika alak nyeli el a legtöbb energiát horpadása során, ezért arra törekszünk, hogy a vizsgálat alatt mindig ezt a horpadási formát érjük el.

Alumínium csövekkel folytatott kísérleti eredményekre alapozva Andrews és szerzőtársai egy táblázatot alkottak, melyben térképszerűen ábrázolják a csövek L/D és t/D viszonyainak függvényében a várható horpadási alakokat. Mivel egységnyi hosszra vonatkoztatva a legtöbb energiát a harmonika alak nyeli el, az ilyen típusú alakváltozáshoz a keresztmetszetnek az alábbi határok közé kell esnie:

$$0,5 < L/D < 5 \quad (1)$$

$$0,02 < t/D < 0,1 \quad (2)$$

ahol D a cső belső átmérője, t a falvastagsága, L a cső kiindulási hossza.

N. K. Gupta cikkében [2] a D/t viszonyra a 70–90 tartományt adja meg a harmonika alakra vonatkozó feltételként. Ezen tartomány felett gyémánt alakot várhatunk.

A cső keresztmetszeti méreteinek kiválasztásához az ALCOA-Köfém Kft. profilkatalógusát használjuk fel. A választást az is befolyásolja, hogy a kiválasztott keresztmetszet a mérettábla „közepén” helyezkedjen el, azaz a későbbi optimalálás során legyen lehetőség a méretekkel mind a kisebb, mind a nagyobb átmérők és falvastagságok irányába elmozdulni. Ennek megfelelően és $L = 250$ mm csőhosszúságot feltételezve a kiválasztott méretet az 1. táblázat mutatja be.

D' [mm]	t [mm]	L/D	t/D
90	4	3.048	0.048

1. táblázat. Katalógusból választott csőkeresztmetszeti méretek

ahol D' a cső külső átmérője.

3. ALAPANYAGOK

A cső anyagának kiválasztása során is az ALCOA-Köfém gyártott ötvözetek adatait használjuk fel [3].

A alumínium – magnézium – szilícium ötvözeteket gyakran alkalmazzák autópári, hajóépítési célokra, mert jól megmunkálhatók, hidegen is alakíthatók. Fontos szempont a hegeszthetőség és a hőkezeléssel még tovább fokozható szilárdság. Ezen ötvözetek közül vizsgálatiinkhoz ötfélelét jelöltünk meg.

Ötvözet	Állapot	$R_{p0.2}$ [MPa]	R_m [MPa]
6060	T1	65	130
6082	T4	110	205
6060	T5	150	190

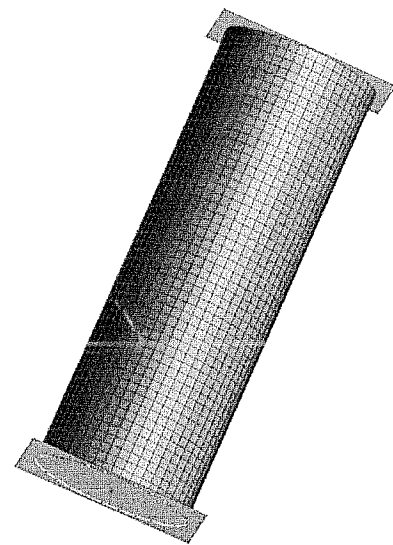
Anyag	A_5 [%]	E [MPa]	ν
6060 T1	15	69500	0.33
6082 T4	14	70000	0.33
6060 T5	10	69500	0.33

2. táblázat. A vizsgálathoz felhasznált alumíniumötvözetek jellemzői

Végelelem vizsgálat elvégzése szükséges mind az öt ötvözetre az 1. táblázatban megadott méretekkel rendelkező geometrián annak érdekében, hogy kiválaszthassuk azt az ötvözetet, mely a legalkalmasabb az energiaelnyelő elem alapanyagának.

4. ANALÍZIS

A kvázi-statisztikus vizsgálat végrehajtásához az MSC. Software cég MSC.PARTAN általános elő- és utófeldolgozóját, illetve az MSC.DYTRAN nevű megoldóját használjuk. Az MSC. DYTRAN rövid idő alatt lezajló, nagy elmozdulásokkal és nagy alakváltozásokkal járó nemlineáris feladatok számítására alkalmas. A PATRAN-ban épített, felületekből álló geometria az 1. ábrán látható.



3. ábra. Analízishez használt geometria

A 250 mm magas cső középfelületét modelleztük, a középfelületre a kör kerülete mentén és a cső magasságának irányában is 60–60 db 4 csomópontos négyszögletes elemet helyeztünk el. A cső összenyomására használt két felületet tökéletesen merevnek tételezzük fel. Az egyik véglapot rögzítettnek, a másikat mozgónak vesszük fel. Terhelésként a mozgó – 500 kg tömegű – véglapra z-irányban (a hossz tengellyel párhuzamosan) 10 m/s-os sebességet írunk elő. Peremfeltételként előírjuk még,

hogy a cső rögzített végén az elemek elmozdulása 0 legyen (az elemek elfordulását a cső egyik végén sem akadályozzuk).

Ilyen terhelési feltételek megadásával következtethetünk arra, hogy egy 10 m/s sebességgel mozgó 1000 kg tömegű autó frontális ütközése során a két lökhárító elemből az egyikre jut 25 000 J mozgási energiát milyen mértékű alakváltozás mellett nyeli el az ütköző elem.

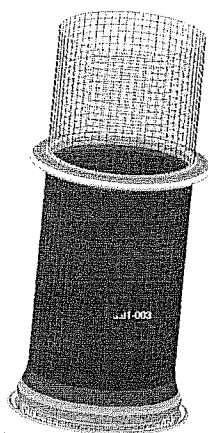
Az alumíniumot izotróp anyagként vizsgáljuk és két konstitutív modellt veszünk fel:

1. Rugalmas szakasz: megadva a rugalmassági modulus és a Poisson-tényezőt.
2. Képlékeny szakasz: azon belül is rugalmas-képlékeny típus Mises folyási kritériummal és lépésenkénti lineáris közelítéssel.

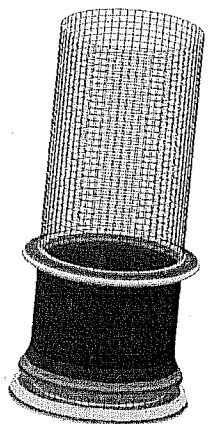
Az analízis során azt várjuk, hogy az elemek a két merev véglappal és egymással is érintkezni fognak, ezért a szimulációba kontakt analízist is beépítettünk.

5. EREDMÉNYEK

A 4a. és 4.b ábrán a szimuláció során kiszámolt alakváltozási képet mutatjuk be. Jól megfigyelhető a kialakuló gyűrűk pozíciója a hossz mentén és a 2.a ábrával való alaki hasonlóság.

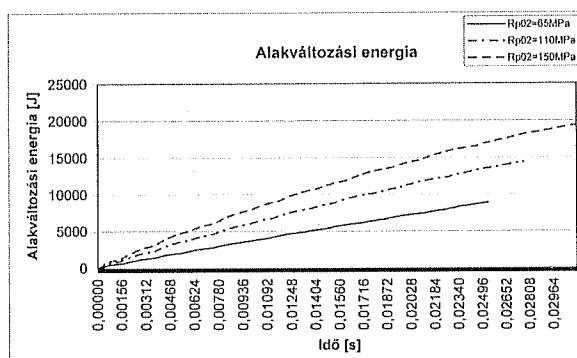


4.a ábra. A cső alakváltozás közbeni állapota

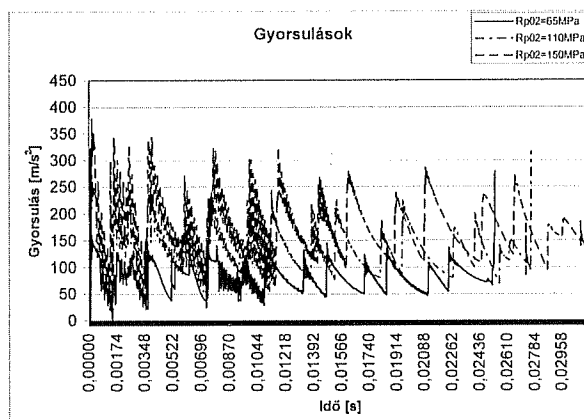


4.b ábra. Kialakult a harmonika alak

Az eredményeket összefoglaló grafikonok az 5. és 6. ábrán láthatók.



5. ábra. Elnyelt alakváltozási energiák a három ötvözetre vonatkozóan



6. ábra. A mozgó lap lassulása a három ötvözetre vonatkozóan

Mind az elnyelt energia, mind a gyorsulási értékek jól mutatják, hogy jelen anyagmodellt használva energiaelnyelés szempontjából egy ötvözet annál alkalmasabb a feladatra, minél nagyobb a folyáshatára.

6. TOVÁBBI FELADATOK

A vizsgálattal kapcsolatban a legfontosabb további feladat a valós anyagtulajdonságokat még jobban leíró anyagmodell szimulációba építése. Mivel az ötvözeteknek nem csak a folyáshatára, hanem a nyúlása is változik, ez minden bizonnyal kihatással lesz az alakváltozás során elnyelt energiára. E vizsgálatok után már nagy bizonyossággal állíthatjuk majd egy ötvözetéről, hogy a vizsgáltak közül valóban a legalkalmasabb az energiaelnyelési célokra.

A következő lépés az [1] irodalomban bemutatott alakváltozási terület numerikus szimulációk segítségével történő feltérképezése lesz. A harmonika területén belül elegendően sok – közelítőleg 30 db – futtatást végzünk a területen belülről eső, a profilkatalógusból származó különböző L/D és t/D viszonyú cső geometriákkal.

A szimulációk eredményeként nyert alakváltozási energia értékek már úgy kezelhetők, mint egy pontfelhő, melyre függvény feszíthető. A függvényt két paramé-

tertől: a csőátmérőtől és falvastagságtól tesszük függővé. Ennek segítségével eljuthatunk egy elnyelt fajlagos energiát leíró célfüggvényhez. A profilkatalógusban lévő méretek, illetve az irodalomban található L/D és t/D viszonyok, mint kényszerítő feltételek használhatók egy számítógépes optimaláshoz. Az optimalás célja egy olyan eljárás kidolgozása, melynek segítségével az elnyeletni kívánt alakváltozási energiához kiválaszthatjuk a legkisebb tömeget jelentő körcső keresztmetszetet.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az OTKA T38058 és T37941 támogatásával készült. Ezúton köszönjük a TRW Automotive és az OTKA támogatását.

8. IRODALOM

- [1] ANDREWS, K. R. F., ENGLAND, G. L., GHANI, E.: Classification of the axial collapse of cylindrical tubes under quasi-static loading. Int. Journal of Mechanical Sciences. Vol. 25, No 9–10. pp. 687–696, 1983.
- [2] GUPTA N.K. On non-Axisymmetric collapse of thin tubes. Department of Applied Mechanics, Indian Institute of Technology, Delhi, Hauz Khas, New Delhi – 110016 India. Internet.
- [3] ALCOA EUROPE. Standard sections.
- [4] SINGACE, A.A. Axial crushing analysis of tubes deforming in the multi-lobe mode. Int. Journal of Mechanical Sciences. Vol. 41, pp. 865–890, 1999.